

# 基于地理信息系统的土地利用变化制图方法研究

李道峰<sup>1</sup>, 万利勤<sup>2</sup>

(1. 北京师范大学 环境学院 水环境模拟国家重点实验室, 北京 100875;

2. 中国地质环境监测院, 北京 100081)

**摘要:** 论述了土地利用变化图绘制的一般过程。图例的设计和不同时期土地利用现状图的代数叠加运算是整个编制过程的关键。做图过程中应本着简单实用、形象达意和美观大方的原则进行。分别选取黄河小浪底水利枢纽库周 1993 和 2000 年 TM 遥感影像进行土地利用变化分析, 编制出了建库前后的土地利用变化图, 计算出了土地覆被变化的转移矩阵并对土地利用变化的结果进行分析。

**关键词:** 土地利用变化; 变化图例; 转移矩阵; 小浪底水库

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2005)04-0057-04

中图分类号: F301.24; P208

## Methodology for Making Landuse Change Maps Based on GIS

LI Dao-feng<sup>1</sup>, WAN Li-qin<sup>2</sup>

(1. College of Environment Sciences, Beijing Normal University, State Key Laboratory of Water Environment Simulation, Beijing 100875, China; 2. China Institute of Geoenvironmental Monitoring, Beijing 100081, China)

**Abstract:** The processes of making landuse maps are introduced in detail. The authors propose that legend design and algebraic overlay operations using temporal series landuse maps are key processes. The basic principles of map making are discussed as simple, practical, visual, expressive and standard. Using 1993 and 2000 Thematic Mapper (TM) images for the surrounding districts of Xiaolangdi Reservoir, the authors analyzed landuse changes and produced a map representing landuse changes from before the construction of the reservoir to after its completion. A transfer matrix of landuse changes is also presented and the results are discussed.

**Keywords:** landuse change; change legend; transfer matrix; Xiaolangdi reservoir

土地利用变化研究是全球变化研究的核心领域与热点问题, 土地利用变化图是土地利用变化研究的手段和工具, 也是土地利用变化的图形表达形式。土地利用变化图是以图形的方式客观而直接地反映研究时段的土地利用变化过程。在一幅图上直观而准确地表达研究时段的土地利用现状和所发生的土地利用变化是土地利用变化制图研究的重要问题, 也是决策者进行科学决策的客观需要。

## 1 土地利用变化制图的重要意义

表达土地利用变化的方法主要有 2 种: 表格法和图形法。表格法通常指编制为土地利用变化转换矩阵和转换概率矩阵。图形法通常用两期土地利用现状图来表示土地利用变化信息。两种方法各有优缺点, 表格法简单, 但不能表达土地利用变化的空间信息; 图形法直观, 但是决策者必须对照两幅或多幅图来了解土地利用所发生的变化, 容易造成误解。根据

黄河小浪底水库库周土地利用变化研究, 笔者提出通过图例的设计用单一图幅(土地利用变化图)来表达土地利用变化的信息, 以达到直观传意的效果。

## 2 土地利用变化图编制方法

### 2.1 土地利用变化的制图原则

(1) 简单实用原则。土地利用变化制图的编制方法要合理, 易于实现; 使用的图例要简单, 便于图例制作、图形填充及显示。

(2) 形象达意原则。图例要求形象达意, 使用户望图生义, 对土地利用变化及其特点一目了然, 形象地、直观地了解过去, 把握现在, 洞察变化, 预测未来。

(3) 美观大方原则。土地利用图的图例、图式、图样要美观大方, 给人以美的享受。

### 2.2 土地利用变化信息表达

土地利用变化的信息表达主要指土地利用类型变化后的图例表达, 如果将土地利用分为 M 类, 那么

收稿日期: 2004-01-03

资助项目: 国家重点基础发展规划项目“黄河流域水资源演化与可再生性维持机理”[G1999043601 (973)]

作者简介: 李道峰(1975—), 男(汉族), 黑龙江哈尔滨市人, 北京师范大学环境科学院博士后。主要从事水资源水环境和遥感 GIS 应用研究。

E-mail: lidaofeng@mail.bnu.edu.cn.

土地利用变化图图例就将达到  $M_2$  类,去掉没有变化类型,也近  $(M-1)2$  种(表 1 所示)。本文以  $k$  时期土地利用现状图 ( $A_{ij}^k$ ) 和  $k+1$  时期 ( $A_{ij}^{k+1}$ ) 为出发点,以  $k$  时期土地利用现状图作为基准图层,  $k+1$  时期土地利用现状图为目标图层,在 GIS 软件 Arc/Info 支持下,采用下列公式进行代数叠加运算,求得土地变化图。

$$C_{ij} = A_{ij}^k \times 10 + A_{ij}^{k+1} \quad (1)$$

$$C_{ij} = A_{ij}^k \times 100 + A_{ij}^{k+1} \quad (2)$$

土地利用类型小于 10 类时应用公式(1),土地利用类型大于等于 10 且小于 100 时应用公式(2)。式中:  $C_{ij}$  表示由  $k$  时期到  $k+1$  时期的土地利用变化过程,它表达了土地覆被变化的类型及其空间分布,由此可以求得不同时期土地利用类型相互转换的数量关系。

表 1 土地利用类型变化矩阵表

$k$ 时期 \ $k+1$ 时期	类型 1	类型 2	类型 3	.....	类型 M-1	类型 M	类型 M+1	.....
类型 1		1-2	1-3	.....	1-(M-1)	1-M	1-(M+1)	.....
类型 2	2-1		2-3	.....	2-1	2-1	2-1	.....
类型 3	3-1	2-1		.....	2-1	2-1	2-1	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
类型 M-1	(M-1)-1	(M-1)-2	(M-1)-3	.....		(M-1)-M	(M-1)-(M+1)	.....
类型 M	M-1	M-2	M-3	.....	M-(M-1)		M-(M+1)	.....
类型 M+1	(M+1)-1	(M+1)-2	(M+1)-3	.....	(M+1)-(M-1)	(M+1)-M		.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

### 2.3 土地利用变化图例设计

图例设计是土地利用变化图编制的关键一环。根据土地利用变化图编制原则,用图形或线条表示研究区起始时刻( $t$ )土地利用类型,用各种颜色表示研究区末时刻( $t+1$ )土地利用类型,二者的有机结合可以形象地表达起始时刻到中止时刻的土地利用类型的动态变化过程。

### 2.4 其它辅助要素的配置

其它辅助要素包括图名、图例、比例尺、版权、制图单位、时间、坐标系、高程系等等,根据制图的需要,进行合理配置。

## 3 应用实例

### 3.1 小浪底水库库周概况

黄河小浪底水利枢纽工程,位于河南省洛阳市以北、黄河中游最后一段峡谷的出口处,上距三门峡水利枢纽 130km,下距郑州花园口 128km,是黄河干流在三门峡以下惟一能够取得较大库容的控制性工程,具有防洪、防凌、减淤、发电、灌溉等综合效益。研究区选取以小浪底水库为中心,包括济源市全部和垣曲县、新安县和阳城县的部分地区,范围在  $112.00^\circ \sim 113.50^\circ E, 34.75^\circ \sim 35.18^\circ N$  之间,总面积为 1995.34  $km^2$ 。气候属于温带大陆性季风气候,热量丰富,雨量较少;地貌以侵蚀山地和黄土残塬台阶地为主;土壤大部分为棕壤;植被类型以阔叶林、针叶林、灌丛居

多。区域内水土流失较为严重,侵蚀模数在 2000 ~ 3000  $t/(km^2 \cdot a)$  之间。在从 1991 年 9 月开始筹建到 2001 年 12 月全部竣工的 11 a 中,大规模的建设工程和环境移民改变着库周的地表土地利用方式。

### 3.2 资料搜集和整理

本文采用 1993 年 LANDSAT 5 的 TM 影像来说明小浪底水库蓄水前的景观状况,采用 2000 年 LANDSAT 7 的 TM 影像来说明小浪底水库蓄水后的景观状况。TM 数字栅格影像的空间分辨率为 30 m  $\times$  30 m。两期遥感影像经过几何校正、图形拼接、去噪处理后,以 1:25 万地形图为地形控制单元,结合专题图件(土地利用图、植被覆盖图),采用监督分类的方法解译出小浪底水库蓄水前后的土地利用类型,参照国家通用的土地利用现状分类体系和小浪底水库库周具体情况,将土地利用类型分为旱地、有林地、疏林地、草地、河渠、滩地、水库坑塘、农村居民点和其它建设用地共 9 类,在地理信息系统软件 Arc/Info 和遥感图像处理软件 ENVI 的支持下,分别绘制出 1993 年和 2000 年的土地利用现状图。根据遥感影像解译得到的土地利用类型统计对比关系见表 2。

表 2 中的数据表明,小浪底水库库周景观主要由农业生态系统、林地生态系统、草地生态系统和水库河流生态系统组成。

### 3.3 库周土地利用变化图图例设计

根据制图比例及土地利用类型的转移矩阵,确定

需要表达的土地类型转化过程,制定相应的图例。为了明确表达小浪底库周 1993—2000 年土地类型变化的动态过程,设计用相对简单的图形或线条表示

1993 年土地利用类型,用颜色表示库周 2000 年土地利用类型,二者的有机结合可以形象生动地表达起始时刻到中止时刻的土地利用类型动态变化过程。

表 2 小浪底水库库周土地利用类型统计

编码	土地利用类型	象元数目/个		面积/km <sup>2</sup>		面积比例/%		变化量/km <sup>2</sup>
		1993 年	2000 年	1993 年	2000 年	1993 年	2000 年	
1	耕地	959 451	1 252 794	863.51	1 127.51	43.28	56.51	264.01
2	有林地	697 807	276 988	628.03	249.29	31.47	12.49	- 378.74
3	疏林地	174 693	356 428	157.22	320.79	7.88	16.08	163.56
4	草地	306 980	250 260	276.28	225.23	13.85	11.29	- 51.05
5	河渠	42 724	24 683	38.45	22.21	1.93	1.11	- 16.24
6	水库坑塘	19 682	15 092	17.71	13.58	0.89	0.68	- 4.13
7	滩地	15	1 512	0.01	1.36	0.00	0.07	1.35
8	农村居民点	15 697	32 180	14.13	28.96	0.71	1.45	14.83
9	建设用地	—	7 112	—	6.40	0.00	0.32	6.40
合计		2 217 049		1 995.34		100.00		0.00

### 3.4 土地利用变化图生成

在地理信息系统的支持下,将两期的土地利用现状图转换为栅格图,栅格数据具有结构简单,易提取空间信息,并且和遥感影像相匹配等特点。据公式(1)将两期栅格图进行叠加代数运算,得到的每个网格数据值即小浪底水库库周 1993—2000 年变化过程中的土地利用结构,12 代表 1993 年耕地转变为有林地的空间分布,最后用设计好的土地利用变化图例进行填充,得到小浪底水库库周土地利用变化图(见附图 3)。

### 3.5 土地利用变化统计分析

依据得到的小浪底水库库周土地利用变化图及其属性数据库,建立小浪底水库库周土地利用变化转移矩阵表(表 3),表中的行表示为 1993 年  $i$  种土地类型转换为 2000 年各种土地类型的面积,列表示为 1993 年的其它土地覆被类型转换为 2000 年  $j$  类土地覆被类型的面积,即为原始土地覆被变化转移矩阵  $A_{ij}$ 。行合计为 1993 年到 2000 年  $i$  土地覆被类型发生转换的面积及占该时段土地变化总面积的比例(%),列合计为转换为第  $j$  类土地覆被类型的面积及占该时段土地覆被变化总面积百分数(%).其中,公式(3)计算得到 1993 年第  $i$  类土地覆被类型转换为 2000 年第  $j$  类土地覆被类型的比例(%);公式(4)计算得到 2000 年第  $j$  类土地覆被类型由 1993 年第  $i$  类转换而来的比例(%).

$$B_{ij} = A_{ij} \times 100 / \sum_{i=1}^{10} A_{ij} \quad (3)$$

$$C_{ij} = A_{ij} \times 100 / \sum_{j=1}^{10} A_{ij} \quad (4)$$

由表 3 可以得出,该区域主要土地利用变化类型为旱地、林地和草地,其中旱地是小浪底库周占地面积最大、分布最广的拼块,属面状分布。1993 年旱地面积向其它各类型土地转化的面积为 111.79 km<sup>2</sup>,占评价区域土地利用总变化面积的 12.10%;在小浪底库周变化最大的土地覆被类型为林地,其中有林地减少的最多,主要向疏林地和耕地方向转变,变化面积分别为 222.52 km<sup>2</sup> 和 173.44 km<sup>2</sup>,这表明在工程施工过程中有林地退化较快。随着小浪底水库的蓄水,水库上游的河渠面积在减少,发生变化的面积为 21.24 km<sup>2</sup>,其大部分向滩地和水库类型转化。另外,工程施工的进程加快了建设用地的增长,大多是由库周的农村居民点和耕地转化而来。随着小浪底水库库周人口数量增加,人类活动强度加大,其土地利用方式也在不断的发生变化。

## 4 结 论

利用 1993 和 2000 年两期 LandSat TM 遥感影像,编制出小浪底水库库周土地利用变化图,在整个制作过程中,通过图例的设计表达土地利用变化信息,简单实用,能达到直观传意、美观大方的效果,不仅能表达土利用现状和空间分布,还形象地表达了起始时刻到中止时刻的土地利用类型的动态变化过程,为小浪底水库库周生态环境建设提供科学依据。

表 3 小浪底水库库周 1993—2000 年土地利用变化转移矩阵

km<sup>2</sup>

1993 年	2000 年										
	耕地	有林地	疏林地	草地	河渠	水库坑塘	滩地	农村居民点	建设用地	合 计	
										面积	占有率/ %
耕地	—	7.83	19.89	62.71	2.98	2.78	0.24	12.89	2.47	111.79	12.10
B	—	7.01	17.79	56.09	2.67	2.48	0.21	11.53	2.21	—	—
C	—	8.48	7.41	42.40	58.89	37.64	18.65	60.56	38.84	—	—
有林地	173.44	—	222.52	71.38	0.14	0.17	0.23	1.93	0.37	470.17	50.87
B	36.89	—	47.33	15.18	0.03	0.04	0.05	0.41	0.08	—	—
C	46.36	—	82.85	48.26	2.70	2.28	17.66	9.08	5.74	—	—
疏林地	18.78	74.86	—	10.63	—	—	—	0.32	—	104.59	11.32
B	17.95	71.58	—	10.16	—	—	—	0.31	—	—	—
C	5.02	81.06	—	7.19	—	—	—	1.51	—	—	—
草地	157.77	7.86	23.88	—	0.95	1.73	0.15	5.04	1.17	198.54	21.48
B	79.46	3.96	12.03	—	0.48	0.87	0.08	2.54	0.59	—	—
C	42.18	8.51	8.89	—	18.82	23.43	11.96	23.68	18.31	—	—
河渠	10.78	1.80	2.17	2.52	—	2.70	—	1.01	0.26	21.24	2.30
B	50.74	8.49	10.20	11.88	—	12.73	—	4.74	1.23	—	—
C	2.88	1.95	0.81	1.71	—	36.65	—	4.74	4.10	—	—
水库坑塘	7.96	—	0.12	0.14	0.99	—	0.30	0.09	1.96	11.57	1.25
B	68.85	—	1.02	1.20	8.58	—	2.58	0.81	16.97	—	—
C	2.13	—	0.04	0.09	19.59	—	23.29	0.44	30.84	—	—
农村居民点	5.35	—	—	0.51	—	—	0.36	—	0.14	6.36	0.69
B	84.06	—	—	8.05	—	—	5.72	—	2.17	—	—
C	3.39	—	—	0.35	—	—	28.43	—	2.16	—	—
合 计	374.07	92.36	268.58	147.89	5.07	7.38	1.28	21.28	6.36	924.26	100.00
占有率/ %	40.47	9.99	29.06	16.00	0.55	0.80	0.14	2.30	0.69		

## [ 参 考 文 献 ]

- [1] 张力果, 赵淑梅, 等. 地图学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1990. 69—103.
- [2] 史培军, 宫鹏, 等. 土地利用/覆盖变化研究的方法与实践[M]. 北京: 科学出版社, 2000. 106—123.
- [3] 赵有松, 李京伟, 等. 基于 ETM<sup>+</sup> 制作土地利用覆盖图[J]. 测绘科学, 2001(26): 39—43.
- [4] 尹朝阳. 用 MapGIS 绘制土地利用图的方法[J]. 测绘通报, 1999(6): 36—38.
- [5] 张超. 地理信息系统实习教程[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000. 179—180.
- [6] 祝国瑞, 张寿根. 地图分析[M]. 北京: 测绘出版社, 1994: 311.
- [7] 周成虎, 骆建成, 等. 遥感影像地学理解与分析[M]. 北京: 科学出版社, 1999. 75—78.
- [8] 李乔, 刘春, 等. 数字土地利用现状图的制图概况[J]. 测绘工程, 2000(9): 59—63.
- [9] 北京师范大学. 黄河小浪底水利枢纽工程竣工验收环境调查报告[R]. 2002. 83—93.